



EIXO 4 – INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E TRANSFORMAÇÃO DIGITAL NA AUDITORIA PÚBLICA

TECNOLOGIA UTILIZADA EM AUDITORIAS COM FOCO NO CONTROLE DE QUALIDADE DAS OBRAS PÚBLICAS RODOVIÁRIAS DO ESTADO DO CEARÁ

Luiz Felipe Martins de Araujo

Formação técnica em Eletroeletrônica pelo Instituto Federal do Ceará (2023) e acadêmico em Engenharia de Telecomunicações também pelo Instituto Federal do Ceará. Membro do Grupo de Desenvolvimento em Sistemas de Telecomunicações e Sistemas Embarcados (GDESTE/IFCE), em projetos de desenvolvimento de Software, com ênfase em aplicações para a web. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em automação e controle. Na área de Engenharia de Software, tem experiência em desenvolvimento Fullstack com ênfase em aplicações para web.

Isabelly Barbosa Cordeiro

Técnica em Informática pelo Instituto Federal do Ceará (IFCE) e estudante de bacharelado em Engenharia de Software pelo Centro Universitário Ateneu (UniAteneu). Membro do Grupo de Desenvolvimento em Sistemas de Telecomunicações e Sistemas Embarcados (GDESTE/IFCE) e bolsista da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) no projeto Cientista-Chefe de Inovação Tecnologia para Fiscalização em Obras Rodoviárias no Ceará Visando Controle de Qualidade e Transparência. Desenvolve atividades acadêmicas e de pesquisa na área de desenvolvimento de software, com ênfase em programação web (HTML, CSS, JavaScript, React.js), criação de APIs REST (Node.js, Express), design de interfaces (Figma), experiência do usuário (UX) e gestão de projetos de software utilizando metodologias ágeis (Scrum).

Fernando Vinícius Caúla de Araújo

Formação técnica em Informática pelo Instituto Federal do Ceará (2021) e é acadêmico do curso de Engenharia de Telecomunicações também pelo Instituto Federal do Ceará. Atuou como Suporte de TI na Reitoria do IFCE – Campus Fortaleza (2019–2021), realizando manutenção de computadores e servidores de rede. Entre 2022 e 2023, foi bolsista na ICT Huawei Academy IFCE, onde desenvolveu cursos, geriu equipes e estudou tecnologias Huawei, incluindo 5G e Cloud. De 2023 a 2024, trabalhou como Desenvolvedor Web no GDESTE – Laboratório IFCE, criando sites e aplicações para sistemas e embarcados com uso de JavaScript, PHP, HTML, CSS, React, MySQL e SQLite. Possui experiência em manutenção de equipamentos eletrônicos, desenvolvimento web, programação (Python, React, JavaScript, C, PHP, HTML e CSS), bancos de dados (MySQL, SQLite) e suporte técnico. Participou do Projeto 100K nas Américas, com apresentação presencial em congresso na Rice University, Houston, Texas (EUA).



Diego Ribeiro da Costa Oliveira

Bolsista de pesquisa no GDESTE – IFCE (Fortaleza) desde novembro de 2023, atuando na implementação de soluções com sistemas embarcados utilizando ESP, Arduino e Raspberry Pi, além de modelagem e impressão 3D. Possui experiência em cálculos e sistemas informatizados, raciocínio lógico e comunicação eficiente em equipe, com interesse contínuo na pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias. É graduando em Engenharia de Telecomunicações pelo Instituto Federal do Ceará (início em 2023) e formado como Técnico em Telecomunicações pelo mesmo instituto (2020–2022). Concluiu ainda o curso de Analista de T.I. e Sistemas (2018–2021) pela Preparar Cursos Profissionalizantes. Entre suas certificações, destacam-se: Conceitos de Lógica de Programação e pela Preparar Cursos; curso de Inglês pela Preparar; Kumon de Inglês e Matemática; Capacitação EmbarcaTech em Sistemas Embarcados; Cisco CCNA 1. Participou do Projeto 100K nas Américas, com apresentação presencial em congresso na Rice University, Houston, Texas (EUA). Foi medalhista de prata na Olimpíada Brasileira de Robótica na prova teórica, com foco em raciocínio lógico. É fluente em português e possui nível intermediário alto em inglês.

Carlos Mauricio Jaborandy de Mattos Dourado Junior

Doutor em Informática Aplicada pela Universidade de Fortaleza (Unifor), tendo como tema da tese processamento de imagens e aprendizagem de máquina. Possui mestrado em Engenharia de Teleinformática pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Professor Associado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), professor permanente do Programa de Pós-graduação em Ciências da Computação (PPGCC) onde já formou 4 (quatro) mestres nas áreas de inteligência e visão computacional. Membro do Núcleo Docente Estruturante (NDE) do curso de Telemática - IFCE, Campus Fortaleza. Concluiu Pós-doutorado na Embry-Riddle Aeronautical University em Daytona Beach, FL, Estados Unidos na área de Internet das Coisas e Inteligência Artificial. Atualmente é Coordenador da Pós-Graduação do IFCE. Tem experiência e atua no desenvolvimento de aplicações web integradas via API, Inteligência artificial e Visão Computacional. Atua no projeto Cientista-Chefe da Funcap de Inovação Tecnologia para Fiscalização em Obras Rodoviárias no Ceará Visando Controle de Qualidade e Transparência.

Antônio Alves Ferreira Júnior

Auditor de Controle Externo do Tribunal de Contas do Estado do Ceará (TCE/CE) e Diretor de Fiscalização de Obras, Serviços de Engenharia e Meio Ambiente do TCE/CE. Formado em Engenharia Civil pela Universidade de Brasília (UnB), com graduação sanduíche na Universitat Politècnica de València (Espanha). Especialista em Auditoria de Organizações do Setor Público e membro do grupo de Procedimentos de Auditoria de Obras Rodoviárias do IBRAOP.

Jorge Barbosa Soares

Engenheiro Civil pela UFC (1991). MSc. (1994) e Ph.D. (1997) em Engenharia Civil pela Texas A&M University. É Professor Titular da UFC, Diretor de Inovação da FUNCAP desde 2015, e do Comitê de Assessoramento do CNPq (CA-EC) desde 2018, já foi Coordenador de Pós-Graduação e Chefe do Departamento de Engenharia de Transportes, e Diretor de Pesquisa do Centro de Tecnologia da UFC. Coordena o Laboratório de Mecânica dos



Pavimentos e o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Caracterização de Materiais para Infraestrutura (INCT-Infra) do CNPq. É Diretor de Pesquisa e Inovação do Centro de Referência em Inteligência Artificial (CRIA) da UFC. Foi Diretor da International Society for Asphalt Pavements no triênio 2016-2018, integra a Comissão de Asfalto do IBP/ABNT desde 2003, é Editor Associado da Revista Transportes da ANPET, membro do Corpo Editorial do International Journal of Road Materials and Pavement Design, e revisor das principais revistas internacionais da área de pavimentação. Recebeu diversos prêmios, entre eles, 4 vezes o Prêmio Petrobras de Tecnologia, 3 vezes o CNT, ABPv, IBP, Mário Kabalen Reston. Já presidiu importantes eventos na área (ABPv, ANPET, IBP, ISAP), formou mais de 40 alunos de pós-graduação (mestrado e doutorado), orientou 10 pós-doutorandos, possui publicações em relevantes periódicos e congressos técnico-científicos nacionais e internacionais na área de pavimentação, além de 2 livros publicados em co-autoria. É o Cientista-Chefe de área de Infraestrutura da Funcap.

Juceline Batista dos Santos Bastos

Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia e doutora em Engenharia de Transportes pela Universidade Federal do Ceará. Atua como docente permanente no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental, com forte dedicação à pesquisa científica. Sua trajetória profissional teve início na área da Engenharia Estrutural, com ênfase em alvenaria estrutural. Atualmente, concentra seus esforços na área das Engenharias I, com foco na Infraestrutura de Transportes. Suas pesquisas envolvem o projeto, a construção e o monitoramento de pavimentos asfálticos; a dosagem e a caracterização mecânica de misturas asfálticas; além do desenvolvimento e da avaliação do ciclo de vida de materiais sustentáveis. Também colabora em estudos voltados à análise, retroanálise e dimensionamento de pavimentos. É mãe de dois filhos, Yasmin Maria e João Manoel, nascidos em 2005 e 2020, respectivamente. Atua no projeto Cientista-Chefe de Infraestrutura da Funcap coordenando o subprojeto Inovação Tecnologia para Fiscalização em Obras Rodoviárias no Ceará Visando Controle de Qualidade e Transparência.

1 INTRODUÇÃO

As obras públicas são fundamentais para o bem-estar da população e para o desenvolvimento das comunidades, cabendo ao governo gerenciá-las de forma eficiente, garantindo o alinhamento entre planejamento e execução (SANTOS & LIMA, 2023). Para esta atividade, foi criado o Tribunal de Contas da União (TCU), órgão responsável pela fiscalização das contas públicas, assegurando legalidade e eficiência na gestão. No âmbito estadual, atribuições análogas são exercidas pelo Tribunal de Contas do Estado do Ceará (TCE-CE) (FREIRE & ROCHA, 2024), por meio das auditorias. No campo das obras, as rodovias se configuram como uma vertente particularmente complexa, em razão de sua



extensão geográfica.

Destaca-se, ainda, que, no trabalho diário da fiscalização, equipes distintas realizam atividades de forma independente. Nas obras rodoviárias do Estado do Ceará, os relatórios de controle de execução são apresentados por meio de documentos *.pdf*, muitas vezes gerados a partir de imagens. A ausência de estruturação e de integração dos dados nesse processo cria fragilidades na fiscalização. Além disso, a disponibilidade de dados nesse formato dificulta a execução dos procedimentos de auditoria para avaliar o andamento das atividades.

De acordo com Telles & Telles (2022, p. 01) *"A auditoria [...] requer evolução tecnológica para que seja capaz de atender as transformações nas relações empresariais, que tratam de uma quantidade de dados e informações cada vez maior e mais complexa."* Soluções inteligentes podem extrair informações de documentos digitalizados, para posteriormente, analisá-las e identificar padrões, anomalias e inconsistências muitas vezes despercebidas (AVYODRI *et al.*, 2022). Esse tipo de ferramenta auxilia o processo de avaliação (AL-SULAITI *et al.*, 2021), além de promover maior controle, criando oportunidades para que os auditores proponham encaminhamentos de forma mais precisa para a correção dos problemas e para a melhoria dos processos. Torna-se, desta forma, a auditoria mais abrangente e capaz de acompanhar com maior eficiência o grande volume de informações (TELLES & TELLES, 2022).

Nesse contexto, insere-se este trabalho, cujo objetivo é construir uma plataforma capaz de concentrar e integrar os dados coletados por meio de *dashboards* e análise de dados, aumentando a eficiência na análise das informações (AL-SULAITI *et al.*, 2021). A solução permite a entrada de dados por meio de documentos digitalizados a partir de imagens, que com auxílio de algoritmos de visão computacional, permite identificar e inserir automaticamente as informações, construindo as análises desejadas para o processo de auditoria, evitando falhas humanas e reduzindo o tempo necessário para essa tarefa.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Este projeto surgiu no âmbito do programa Cientista Chefe de Infraestrutura Viária, uma iniciativa do Governo do Estado Ceará por meio da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Funcap), que tem como objetivo aproximar a



ciência e a tecnologia das demandas reais da gestão pública na área de infraestrutura (FREIRE *et al.*, 2023). Para isso, o subprojeto “Inovação tecnológica para fiscalização em obras rodoviárias no Ceará visando controle de qualidade e transparência” desenvolveu soluções tecnológicas e inovadoras, como o programa GRiR (acrônimo para Gerenciador Racionalizado da Infraestrutura Rodoviária) para consolidar os parâmetros de aceitação executiva de serviços de pavimentação.

O programa foi customizado para ser integrado ao fluxo de trabalho do Tribunal de Contas do Estado do Ceará (TCE-CE). Para isso, foi criado um ambiente de visualização de dados, com a interface desenvolvida em ReactJS e integrada às bibliotecas de visualização Nivo e Leaflet construídas de forma modular, permitindo a escalabilidade do sistema.

Do ponto de vista do auditor, seu trabalho implica na necessidade de avaliar de forma minuciosa a grande quantidade de relatórios, e atender as expectativas das relações empresariais, que necessitam de um tratamento das informações cada vez mais complexo (TELLES & TELLES, 2022). As ontologias podem auxiliar nesse processo, permitindo a extração e organização de dados para análises posteriores (ATIF *et al.*, 2021). A Figura 1 apresenta o modelo de extração de informações de um relatório de obra por um serviço treinado, capaz de organizar e inserir o que foi extraído, em um banco de dados, conforme o tipo de documento identificado.

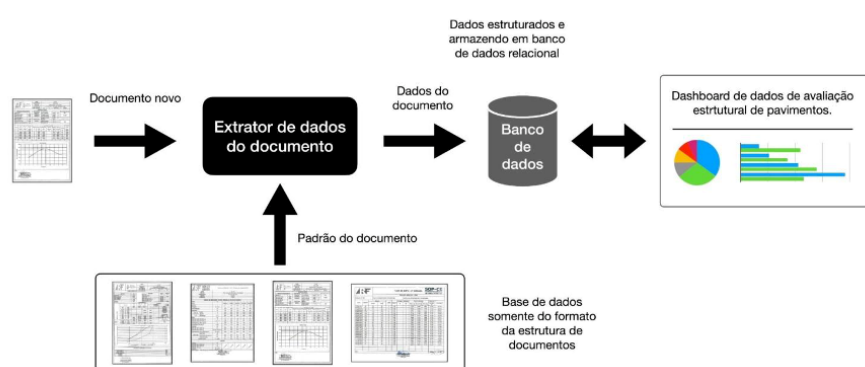


Figura 1. Modelo de extração de dados.

Nos dados obtidos pelo TCE-CE sobre obras públicas, a maioria dos relatórios, embora em formato digital, é resultado da digitalização de documentos impressos ou gerados a partir de imagens. Para superar essa dificuldade, incorporou-se uma solução de



Reconhecimento Óptico de Caracteres (OCR), tecnologia capaz de converter documentos digitalizados em dados estruturados permitindo seu pós processamento (AVYODRI *et al.*, 2022). Para isso foram testados, ajustados e validados quatro modelos de algoritmo — EasyOCR, OnnxTR, mmOCR e Surya OCR — alcançando precisão superior a 80% na leitura dos relatórios. Uma etapa de heurística foi adicionada após o resultado para mitigar eventuais problemas de leitura. A Figura 2 apresenta o fluxo do algoritmo de OCR.

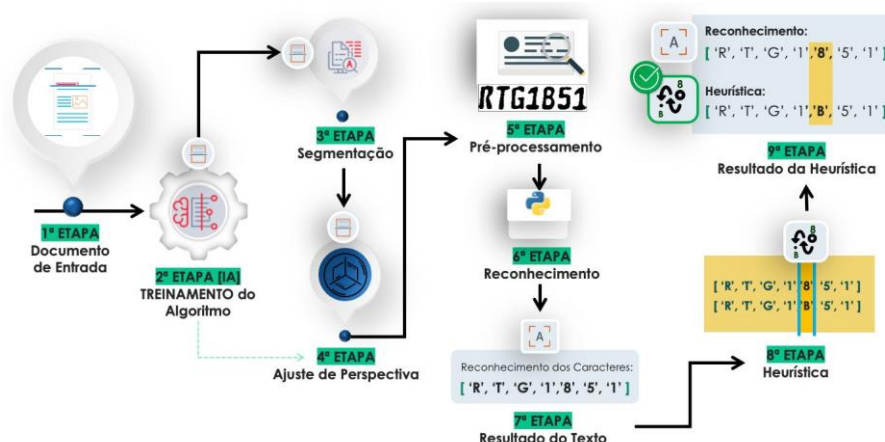


Figura 2. Fluxo utilizado pelo OCR.

Para ajustar o uso dos algoritmos, foram criados *templates*, que consistem em modelos pré-definidos que estabelecem o posicionamento exato dos elementos a serem extraídos de documentos digitalizados. Com essas informações, o sistema é treinado para reconhecer automaticamente os dados contidos nesses documentos e cadastrá-los diretamente no banco de dados.

Na construção dos *templates*, foram utilizados métodos de ajuste e recorte de documentos, que permitem a fragmentação desejada da imagem selecionada, com o intuito de extrair os dados específicos que o usuário necessita para os diferentes modelos de relatório. Essa fragmentação facilita o reconhecimento e a organização das informações relevantes em cada tipo de documento.

Foi criada ainda, uma API (*Application Programming Interface*) desenvolvida com a ferramenta FastAPI, integrada a um banco de dados PostgreSQL e containerizada em Docker, para gerenciar o processamento das imagens e garantir rastreabilidade. Isso permitiu digitalizar, organizar e recuperar informações técnicas com alta eficiência,



reduzindo a dependência de processamento manual e acelerando a análise de documentos.

Finalmente, técnicas computacionais como Support Vector Regression (SVR) e Random Forest foram aplicadas aos dados estruturados das inspeções, permitindo prever o comportamento das camadas do pavimento, o que possibilitou transformar informações estáticas em bases de dados dinâmicas, permitindo a ampliação da capacidade analítica do TCE-CE.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na fase de criação dos *templates*, o usuário encontra a lista de modelos existentes para diferentes tipos de relatório. Caso o formato do documento a ser analisado já esteja cadastrado, basta selecioná-lo. Essa organização reduz o retrabalho e padroniza a extração de dados (Figura 3). Quando surge a necessidade de um novo modelo, o sistema permite sua criação. O operador define manualmente as áreas de interesse na imagem com a função de cortes, nomeia cada campo e salva o novo formato (Figura 4). A partir desse momento, o novo *template* ficará salvo na tela inicial, podendo ser reutilizado sempre que necessário para análises futuras.

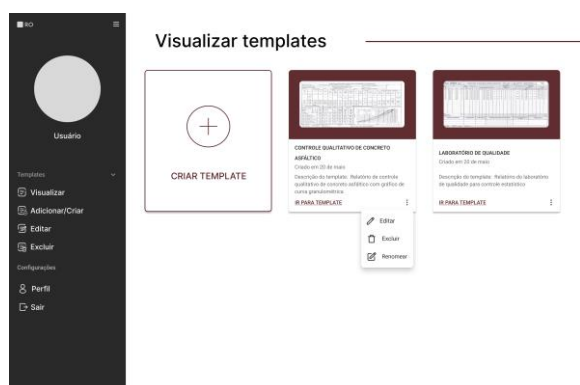


Figura 3. Tela inicial

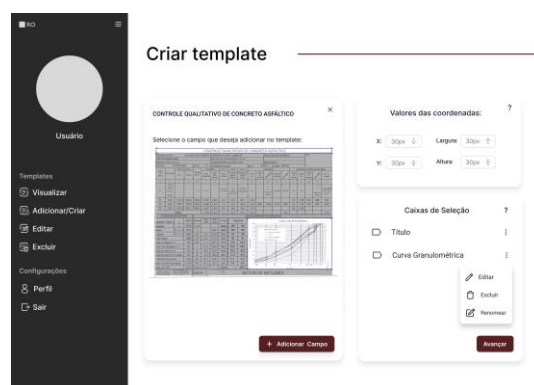


Figura 4. Tela de criação do template

Após a extração e processamento dos campos, a plataforma GRiR apresenta os dados analisados em *dashboards* interativos, com gráficos, tabelas e indicadores (Figuras 5 e 6). O fluxo sequencial, que vai da inserção de documentos e extração de dados até o



desenvolvimento de ontologias, elaboração de cenários e geração dos painéis, amplia a profundidade da análise, favorecendo estratégias e ações corretivas mais precisas (AL-SULAITI *et al.*, 2021). Esse encadeamento de etapas garante não apenas maior confiabilidade nas informações apresentadas, mas também maior rastreabilidade dos dados processados, permitindo revisões e ajustes de forma rápida.

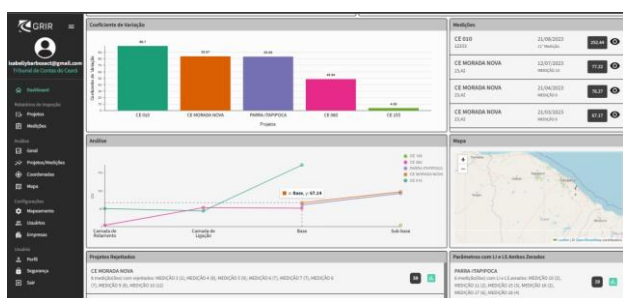


Figura 5. Dashboard GRiR



Figura 6. Análise geral de projetos

As funcionalidades foram projetadas com base na dinâmica real de trabalho de equipes técnicas de campo, garantindo agilidade no início das operações e reduzindo o tempo de aprendizagem para novos usuários. Observa-se que o operador conta com um fluxo intuitivo para executar suas atividades de forma simplificada, com menus claros e etapas organizadas de maneira lógica. Essa visualização, apoiada por *dashboards* interativos e indicadores visuais, facilita a identificação de padrões, tendências e irregularidades, permitindo uma análise aprofundada (AL-SULAITI *et al.*, 2021).

4 CONCLUSÕES

Apresentou-se o GRiR, uma plataforma para apoiar as auditorias com foco no controle de qualidade de obras rodoviárias, que utiliza inteligência artificial para a extração de informações dos relatórios, permitindo o pós-processamento e a visualização interativa dos resultados, além da automatização do processo. A solução foi concebida com uma interface simples e intuitiva, facilitando a adaptação do operador responsável pela criação dos *templates* e garantindo familiaridade com o fluxo de trabalho. Essa solução diminui a intervenção humana, reduzindo a possibilidade de erros de cadastro e aumentando a eficiência e confiabilidade do sistema.



Dashboards e recursos de visualização, também compõem o sistema, possibilitando o acompanhamento dos dados gerados e a identificação de não conformidades. Essa combinação permite a otimização do tempo, além de reduzir falhas operacionais. Com isso, torna-se possível compreender o cenário de forma abrangente e embasar a tomada de decisões em evidências, aumentando a precisão e a efetividade das ações corretivas. O trabalho desenvolvido permite unir a auditoria de obras rodoviárias à aplicação de recursos tecnológicos, resultando em um sistema que favorece o controle de qualidade nas fiscalizações. Além de agilizar o processo de análise, essa integração amplia a precisão na detecção de irregularidades, reduzindo falhas humanas e otimizando o tempo de resposta. Tal avanço promove uma gestão alinhada às demandas contemporâneas por inovação e atua de forma efetiva no apoio as atividades de fiscalização do Tribunal de Contas do Estado do Ceará (TCE-CE).

5 REFERÊNCIAS

AL-SULAITI, A.; MANSOUR, M.; AL-YAFEI, H.; ASEEL, S.; KUCUKVAR, M.; ONAT, N. C. (2021). *Using data analytics and visualization dashboard for engineering, procurement, and construction project's performance assessment*. In 2021 IEEE 8th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA) (pp. 207-211). IEEE. Acessado em: 22 de novembro de 2023.

ATIF, I.; CAWOOD, F. T. M.-M. A. (2021). *Development of interactive dashboards and intelligent data analytics for visual decisionmaking in the underground mining environment: The sterfontein cave case study*. In 2021 International Bhurban Conference on Applied Sciences and Technologies (IBCAST) (pp. 383-388).

AVYODRI, R.; LUKAS, S.; TJAHYADI, H. (2022) *Optical Character Recognition (OCR) for Text Recognition and its Post-Processing Method: A Literature Review*, 2022 1st International Conference on Technology Innovation and Its Applications (ICTIIA), Tangerang, Indonesia, 2022, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICTIIA54654.2022.993596.

FREIRE, A. R. L.; PINHO, B. A. T. D. de .; BARBOSA, E. C. B. M. .; GUIMARÃES, T. S. INOVAÇÃO NO SETOR PÚBLICO: UM ESTUDO DO PROGRAMA CIENTISTA- CHEFE. Boletim de Conjuntura (BOCA), Boa Vista, v. 15, n. 44, p. 83–113, 2023. DOI: 10.5281/zenodo.8216314. Disponível em: <https://revista.ioles.com.br/boca/index.php/revista/article/view/1815>. Acesso em: 26 ago. 2025.

FREIRE, C. C. R. Uma avaliação em profundidade da atuação do TCE - CE acerca de auditoria operacional. Dissertação (Mestrado Profissional em Avaliação de Políticas



Públicas) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2024. 127 f.

SANTOS, N. J.; LIMA, L. O. (2023). OBRAS PÚBLICAS: ASPECTOS LEGAIS, PLANEJAMENTO E EXECUÇÃO. REVISTA FOCO, 16(12), e3940. <https://doi.org/10.54751/revistafoco.v16n12-117>.

Telles, E.; Telles, C. (2023). OS BENEFÍCIOS DA TECNOLOGIA NO TRABALHO DE AUDITORIA. Boletim Economia Empírica, 3(12). Recuperado de <https://www.portaldeperiodicos.idp.edu.br/bee/article/view/7201>